SONDAGGI DELL'ATMOSFERA E RAGGI COSMICI

Con i recenti giganteschi palloni sonda è possibile raggiungere i trenta chilometri di quota e studiare direttamente l'alta atmosfera. Si raccolgono così elementi di fondamentale importanza nelle indagini sulla natura ancora misteriosa dei raggi cosmici e per l'approfondimento delle nostre cognizioni sulla intima costituzione della materia.

LA STRUTTURA dell'atmosfera ci è nota con qualche precisione, attraverso osservazioni dirette, solo per i primi 15 ÷ 20 km dal suolo. E il merito ne va attribuito in larga misura al progredire dell'aviazione, che ha permesso di istituire una rete di stazioni meteorologiche, le quali ogni giorno, in determinate ore, effettuano *radiosondaggi* secondo una tecnica proposta nel 1927 da R. Bureau, a radicale perfezionamento del metodo dei palloni sonda, che risale al 1892.



Questo pallone sonda si dilaterà nella stratosfera fino a raggiungere il diametro di 21 metro.

I sondaggi meteorologici

Una volta, i palloni sonda trasportavano nelle loro ascensioni i sensibilissimi apparecchi registratori (barometri, termometri, igrometri) che assolto il loro compito tornavano a terra — dopo essere stati liberati automaticamente dal pallone — per mezzo di paracadute. Ma siccome l'atterraggio avveniva talora in luoghi assai lontani da quello di lancio, non riusciva agevole la diffusione, necessariamente rapida, dei dati raccolti dagli apparecchi. La moderna radiosonda, invece, trasporta una piccola stazione radio ad onde corte che trasmette alle stazioni riceventi, in ascolto praticamente continuo, i valori della pressione, della temperatura e dell'umidità atmosferica. È così possibile analizzare in modo rapido e compiuto le caratteristiche delle masse d'aria attraversate dalla sonda, studiare la distribuzione verticale delle temperature e tracciare le carte di pressione in quota, particolarmente preziose per la previsione del tempo. Numerosi palloni sonda hanno raggiunto quote superiori ai 35 km (già nel 1912 un pallone sonda del prof. P. Gamba dell'Osservatorio geografico di Pavia aveva attinto i 37 km) e il primato spetterebbe agli Stati Uniti per la quota di 42 670 m, raggiunta nel 1948 e non ancora superata se non da razzi.

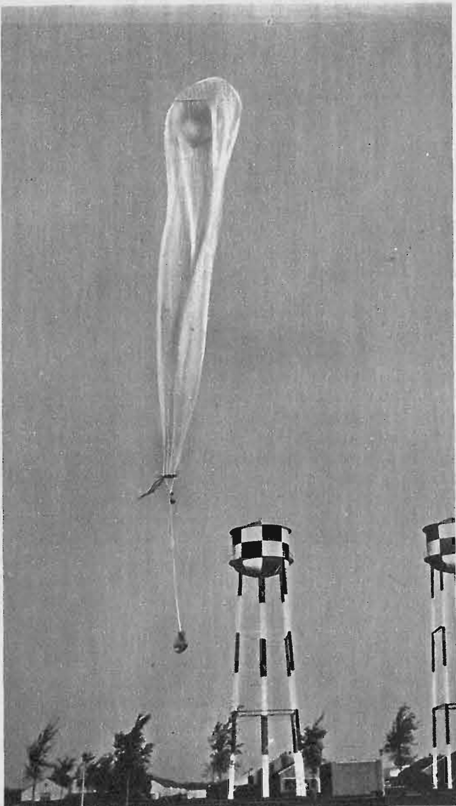
La tecnica, ormai classica, dei palloni sonda non consente tuttavia di esplorare con efficacia che uno strato relativamente esiguo della atmosfera.

Razzi stratosferici

Le ricerche sulle particelle elementari costituenti l'atomo come le indagini sulla radiazione più penetrante che si conosca, cioè sui *raggi cosmici*, hanno d'altronde messo in evidenza l'interesse fondamentale connesso alle misurazioni che è possibile eseguire a quote assai superiori a quelle raggiunte dai palloni metereologici; anche per questo i fisici considerano con viva simpatia le esperienze di lancio dei razzi cui essi affidano volentieri i loro strumenti.

Un razzo *Aerobee*, costruito da Douglas, trasportando 70 kg di carico utile ha raggiunto 115 km di quota; un V2 è salito a 161 km; alla sua prima prova, compiuta ad White Sand, un razzo Martin *Viking* (ex tipo *Neptune*) ha attinto gli 82 km. Sono ora in corso di costruzione dieci di questi congegni e sebbene il secondo non abbia dato i risultati ripromessi si crede di poter superare con essi i 300 km di quota. Infine, un razzo multiplo (V. *Scienza e Vita*, n. 8, pagina 481) costituito da un V2 e da un *Wac Corporal* ha permesso a quest'ultimo, svincolato dalla V2 alla quota di 32 km, di raggiungere i 402 km.

Tuttavia, nemmeno l'impiego di razzi è soluzione tale da soddisfare pienamente i fisici. Alla considerazione che i lanci sono rari e costosissimi si aggiunga che i razzi *sostano* solo per un tempo quanto mai breve nel tratto estremo del ramo ascendente della loro traiettoria. Poichè i fenomeni, di somma importanza per i fisici, cui dànno luogo i raggi cosmici (quali ora le *stelle cosmiche* di cui diremo) sono relativamente poco frequenti, sarebbe desiderabile raccogliere il massimo numero possibile di registrazioni in un'unica ascensione. Nella condizione attuale della tecnica, il problema sembrerebbe praticamente insolubile per quanto concerne le altissime quote. Per quote più modeste, dell'ordine di 30 km, negli Stati Uniti si sono impiegati di recente e con buon esito palloni stratosferici affatto speciali.



Lenta ascensione del pallone che trasporta i contatori dei raggi cosmici e le lastre fotografiche.



Dopo la sosta di molte ore a oltre 25 km di quota gli apparecchi tornano al suolo con un paracadute.

L'operazione Sky Hook

L'Ufficio americano delle ricerche navali ha intrapreso una serie di sondaggi della stratosfera, designandoli col nome di *operazione Sky Hook*. A questo scopo, è stata affidata alla Società General Mills la costruzione di palloni con l'involucro di materia plastica sintetica ultraleggera, il polietilene, di peso specifico tale di consentirle di galleggiare sull'acqua, mentre in spessori normali può sopportare temperature bassissime senza diventare fragile.

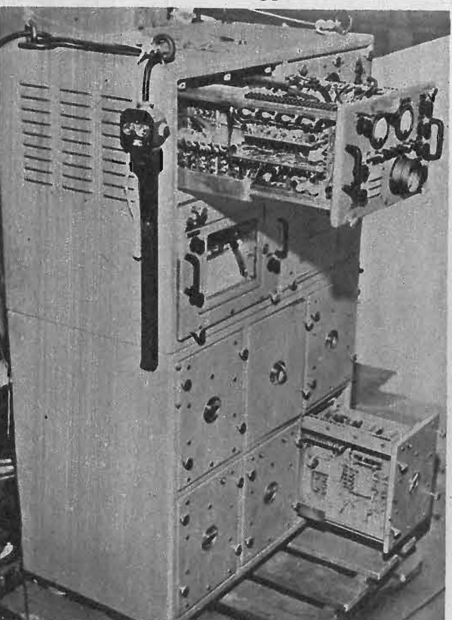
Il gonfiamento del pallone esige scrupolose attenzioni giacchè lo spessore dell'involucro di polietilene è di soli 0,025 mm (nonostante le eccezionali caratteristiche di resistenza della sostanza usata, la estrema sottigliezza rende fragilissimo l'involucro ma vi si può provvedere con efficacia in mare, purchè la nave proceda nella direzione e nel senso del vento ed alla sua stessa velocità, in modo da creare una zona di calma relativa. Appunto in queste condizioni si è operato a bordo della portaerei *Saipan* durante una

crociera a Guantanamo (Cuba) e, nei pressi delle Isole Hawai, a bordo della nave officina *Norton Sound*, attrezzata per il lancio di proiettili teleguidati sperimentali. I palloni del *Saipan*, riempiti di elio, hanno raggiunto i 27 000 m e si sono mantenuti a questa quota per parecchie ore; alla fine, paracadutati in mare sotto il controllo di un radio localizzatore (cioè di un radar) gli strumenti registratori, staccatisi dal pallone grazie ad un dispositivo con comando ad orologeria, hanno potuto essere recuperati per mezzo di un elicottero.

Un pallone col suo equipaggiamento pesa a vuoto 45 kg. Le fotografie riprodotte in questo articolo mostrano che, al suolo, l'involucro viene riempito d'elio solo parzialmente ed assume un aspetto piuttosto strano; man mano che il pallone si innalza, il gas si dilata e distende l'involucro che a 30 000 m è completamente gonfio e raggiunge il diametro massimo di ventun metro e l'altezza di trenta metri.

Non esisteva finora alcun congegno che fosse in grado di trasportare gli apparecchi registratori a quote del detto ordine e di mantenerveli per molte ore. I nuovi palloni rendono perciò possibili osservazioni che erano prima precluse da difficoltà tecniche, e che riguardano lo studio dei venti e delle temperature, la composizione e la ionizzazione degli strati atmosferici, la spettroscopia solare, particolarmente nella regione dell'ultravioletto, l'intensità della radiazione cosmica e la

Le caratteristiche fisiche delle masse d'aria attraversate, trasmesse dalla radiosonda vengono registrate al suolo da un apparecchio ricevente.



natura dei corpuscoli che la costituiscono; infine, l'azione sulla materia dei corpuscoli stessi, dotati come sono di eccezionale energia. In questo campo, straordinariamente fecondo, i fisici potranno senza dubbio acquisire nozioni di enorme interesse per la conoscenza del mondo fisico.

I raggi cosmici

Come è noto, viene designata col nome di *raggi cosmici* una radiazione, sensibilmente costante e ultra penetrante, che, quando si manifesta al livello del mare, è di natura corpuscolare ed insieme di natura ondulatoria (raggi gamma). Dall'epoca della loro scoperta, fatta nel 1911 dall'austriaco Victor F. Hess (premio Nobel 1936 per la fisica), i raggi cosmici hanno costituito l'oggetto di innumerevoli ricerche, ed anzi nel settembre dell'anno in corso si è tenuto a Como, nel quadro delle celebrazioni voltiane, un congresso di fisica specificamente dedicato ad essi. Il Congresso, occupandosi dell'origine dei raggi cosmici, ha visto delinearsi tre ipotesi: che essi siano distribuiti nell'intero spazio dell'Universo; o diffusi in tutto il nostro sistema galattico (Fermi); o diffusi nel solo sistema solare (Alfven). Ma è fuor di dubbio che la Terra viene bombardata da un flusso di corpuscoli elettrizzati non provenienti da alcuna sorgente terrestre e dotati di energia considerevolissima, anche dell'ordine di parecchie diecine di miliardi di volt-elettroni (1). Si tratta perciò di *proiettili* animati da energie assai superiori a quelle che è dato ottenere in laboratorio, le quali, almeno fino ad oggi, non superano le centinaia di milioni di volt-elettroni. Attraversando l'atmosfera, essi subiscono molteplici trasformazioni, sicchè la radiazione osservata al livello del mare, e anche nei laboratori di alta montagna (come da noi quella sulla Testa Grigia), non ha più nulla in comune con i raggi *primari* che l'hanno generata.

Allo stato attuale delle indagini, possiamo soltanto farci una sommaria idea di quello che potrebbero essere, con molta probabilità, questi *proiettili primari*, traendo perciò partito da sottili discussioni sulle variazioni d'intensità della radiazione secondo la posizione del luogo di osservazione (effetto di latitudine) e secondo l'orientamento degli apparecchi registratori (effetto di *azimut*) e tenendo conto — come è naturale — delle proprietà che la fisica contemporanea attribuisce alle diverse particelle elementari conosciute (una diecina fra tutte). Si ammette generalmente che si ha da fare in prevalenza con protoni (vale a dire con nuclei d'idrogeno); ma potremo esserne certi soltanto quando si sia riusciti a mettere insieme il massimo numero possibile di osservazioni dirette; e per questo sono indispensabile campo di esperimento le altissime quote.

In effetti, l'intensità globale della radiazione cosmica è stata rilevata per mezzo di contatori di corpuscoli trasportati da razzi. Sia coll'*Aerobee* (ascensione a 115 km), sia col *V2* (161 km), si è accertato che l'intensità varia colla quota ma rimane sensibilmente costante oltre i 55 km. È dunque probabile che a partire dai 55 km ci si trovi in presenza della radiazione *primaria* quasi pura; e si è riusciti anche a stabilire in 0,12 il numero dei corpuscoli per centimetro quadrato il secondo e per unità di angolo solido (steradiante).

(1) Il volt-elettrone è la misura dell'energia acquistata da una particella di carica uguale a quella dell'elettrone quando venga accelerata da una differenza di potenziale di un volt; questa quantità di energia è normalmente piccola e perciò l'unità per gli usi correnti è il *milione di volt-elettrone* (m.e.v.) che corrisponde a $1{,}59 \times 10^{-6}$ erg.

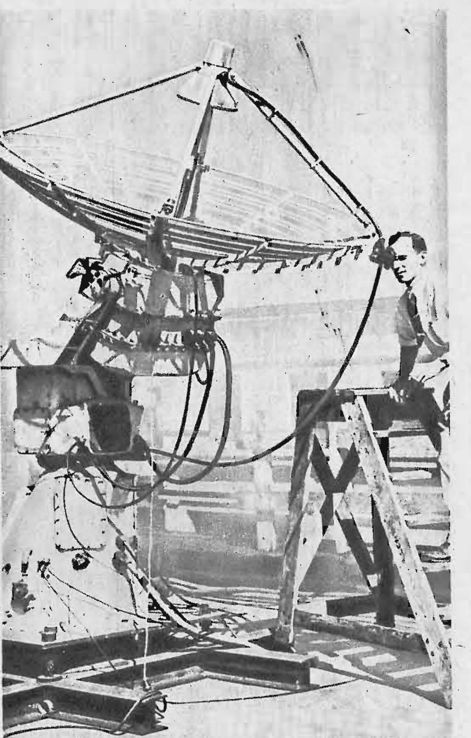
Le stelle cosmiche

Al fine di precisare la natura di questi corpuscoli, è necessario ricorrere ad altri metodi; oggi si considera che il migliore consista nell'osservare, nello spessore di una speciale emulsione fotografica, le tracce che lasciano i corpuscoli al loro passaggio e le esplosioni di nuclei atomici da essi provocate durante il loro percorso. Quando un corpuscolo ionizzante attraversa l'emulsione, infatti, esso *attiva* i granuli di bromuro d'argento che incontra e quindi la sua traiettoria, in seguito allo sviluppo della lastra, viene ad essere materializzata da una striscia nera, di cui si possono contare i granuli per unità di lunghezza, sicchè è possibile dedurne la misura del potere ionizzante del corpuscolo.

Appunto così, nel 1937 Blau e Wambacher hanno osservato al miscroscopio gruppi di traiettorie, emananti tutte da un medesimo punto, e manifestatamente dovute allo scoppio di un nucleo atomico i cui frammenti venivano proiettati in direzioni multiple, disegnando quella che si chiama una *stella atomica*.

Queste *stelle* appaiono nell'emulsione in tanto maggior numero quanto più lungamente e a quota più elevata è rimasta esposta la lastra. Esclusa la provenienza da tracce di impurità radiattive, ciò prova come esse siano dovute all'azione di corpuscoli cosmici sui nuclei degli atomi dell'emulsione. Dalla variazione del numero di *stelle* con la quota e con lo spessore dei diversi *assorbenti* interposti si è potuto concludere che le *stelle* sono prodotte da *protoni* veloci. In realtà, un certo numero di esse sono dovute certamente a neutroni, o anche a *mesoni*, particelle che si invocano in tutte le teorie sulla stabilità dei nuclei atomici, e la cui esistenza è d'altronde provata sperimentalmente mercè l'impiego di lastre fotografiche esposte ad alta quota. (I mesoni sono stati anche ottenuti artificialmente nel 1948 dal fisico italiano Lattes col grande ciclotrone dell'Università di California.) Ma questi neutroni e questi mesoni, cui si rivolge l'interesse sempre più vivo dei fisici, sono evidentemente particelle *secondarie* generate dalle particelle *primarie* nel corso di precedenti collisioni con gli atomi dell'atmosfera.

I fisici americani hanno potuto compiere, per mezzo di palloni sonda saliti a 30 000 metri e mantenutisi a questa quota per parecchie ore, osservazioni di singolare importanza per le indagini sulla natura delle particelle costituenti i raggi cosmici. La navicella dei palloni trasportava un certo numero di scatole di lastre fotografiche impacchettate come di consueto una sopra l'altra. Orbene, i fisici potevano rilevare che tutte le lastre di ciascuna scatola erano state attraversate



L'ascensione del pallone sonda e la discesa del paracadute con gli apparecchi vengono seguite per mezzo di un radar di più di 100 km di portata.

da caratteristiche strisce, da *tracce* dovute a particelle capaci di provocare una ionizzazione molto intensa. Siccome queste particelle vengono assorbite quando attraversano schermi di piombo più rapidamente che non i protoni, bisogna attribuire le strisce da esse tracciate a corpuscoli di massa molto cospicua (persino quaranta volte la massa del protone), che al loro ingresso nell'emulsione fotografica posseggono energie superiori a 20 miliardi di volt-elettroni. Tenendo poi conto dell'assorbimento operato dagli strati superiori dell'atmosfera, è lecito attribuire loro l'energia di almeno 100 miliardi di volt-elettroni agli estremi confini dell'atmosfera.

Questa scoperta fondamentale conduce ad ammettere che parte della radiazione primaria, all'incirca l'1 per mille, sia costituita da nuclei atomici pesanti. Proprio questa proporzione corrisponde esattamente all'*abbondanza relativa* che viene ammessa dagli astrofisici per gli atomi pesanti esistenti nella materia cosmica in confronto all'idrogeno. È breve il passo per congetturare che la radiazione cosmica primaria sia materia stellare rarefattissima e dotata di enorme energia in rapporto alla Terra.